



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 199 51 656 A 1**

(51) Int. Cl.⁷:
H 01 L 33/00

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

(71) Anmelder:
Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München,
DE

(72) Erfinder:
Popp, Gregor, 80797 München, DE

(56) Entgegenhaltungen:

DE 195 35 777 A1
US 38 60 847
US 35 08 100
EP 02 90 697 A2

Patents Abstracts of Japan: JP 1-82681 A, E-787,
1989, Vol. 13/No. 307;
Patents Abstracts of Japan: JP 1-239976 A, E-863,
1989, Vol. 13/No. 574;
Patents Abstracts of Japan: JP 4-25081 A, E-1198,
1992, Vol. 13/No. 188;
Patent Abstracts of Japan: JP 07 273372 A, 1995,
JPO;
Patent Abstracts of Japan: JP 10 065220 A, 1998,
JPO;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Leuchtdiode und Verfahren zu deren Herstellung
(55) Die Erfindung betrifft eine Leuchtdiode und ein Verfahren zur Herstellung einer solchen. Die Leuchtdiode weist einen LED-Chip, der in einem Gehäuse eingegossen ist, und eine Linse zur Bündelung der aus dem LED-Chip austretenden Strahlen auf.
Zur Bündelung der aus dem LED-Chip austretenden Strahlen wird zwischen dem LED-Chip und einer das Gehäuse bildenden Vergußmasse ein Bereich mit einer Brechzahl (n_L) vorgesehen, die kleiner als die Brechzahl (n_G) der Vergußmasse ist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Leuchtdiode gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ferner betrifft die Erfindung Verfahren zur deren Herstellung.

Leuchtdioden bestehen herkömmlicherweise aus einem mit einer Vergußmasse umgebenen Halbleiterchip. Der Halbleiterchip weist einen PN- oder NP-Übergang auf, und bei Anlegen einer Spannung entsteht im Übergangsbereich eine Lichtemission.

Für manche Anwendungen, beispielsweise die Einleitung von Licht in einen Lichtwellenleiter, ist es notwendig, die von der Leuchtdiode emittierte Strahlung zu bündeln. Dazu ist es bekannt, im Strahlengang nach der Leuchtdiode eine separate Linse anzutragen.

Ferner ist es bekannt, beispielsweise durch Spritzgießen eine Gehäuseform herzustellen, deren Außenfläche einer Linsenform angenähert ist. Die Anwendung solcher Spritzgießverfahren ist jedoch nicht immer möglich, weil bei dem Spritzvorgang die das Halbleitersubstrat mit Strom versorgenden Bond-Drähte reißen können. Durch ein einfaches Gießen lassen sich jedoch nicht ohne weiteres Linsenformen bilden. Bei mit den Leuchtdiodengehäusen ausgebildeten Linsen besteht ferner die Problematik, daß sie relativ weit von der abstrahlenden Oberfläche entfernt liegen, so daß ein Großteil des abgestrahlten Lichts nicht im Brennpunkt der Linse liegt. Dadurch kann nicht die gewünschte Fokussierung erzielt werden.

Zum weiteren Umfeld der Erfindung wird auf die DE 43 42 840 A, die US 5,229,835, die EP 0 392 741 A1 und die US 4,797,179 hingewiesen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Leuchtdiode derart weiterzubilden, daß auf einfache und kostengünstige Weise eine gute Bündelung der von einem LED-Chip emittierten Strahlung erreicht wird.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale vorrichtungsmäßig und durch die in den Ansprüchen 5, 6 und 8 genannten Merkmale verfahrensmäßig gelöst.

Ein Kerngedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß zwischen einem LED-Chip und einer das Gehäuse bildenden Vergußmasse ein Bereich vorgesehen ist, in dem die Brechzahl kleiner ist als die Brechzahl der Vergußmasse. Beim Durchtritt der Grenzfläche zwischen dem Bereich mit kleiner Brechzahl und der Vergußmasse erfolgt eine Ablenkung zur Mittelsenkrechten einer jeweiligen Oberfläche hin. Bei einer entsprechenden Grenzflächengestaltung, insbesondere einer konvexen Grenzfläche, erfolgt insgesamt eine Bündelung der von dem LED-Chip emittierten Strahlen. Die Strahlenbündelung hängt dabei nicht nur von der Grenzflächengestaltung, sondern auch von dem Verhältnis der Brechzahlen n_1 und n_2 ab. Soll ein gewünschter Bündelungseffekt für eine Anwendung erreicht werden, so ist bei Vorliegen bestimmter Brechzahlen eine jeweils zu ermittelnde Oberflächengestaltung zu wählen. Da das in dem genannten Bereich gebildete optische Element an der abstrahlenden Oberfläche des LED-Chips anliegt, kommt der überwiegende Teil des abgestrahlten Lichts aus dem Brennpunkt der Linse, so daß eine gute Fokussierung gewährleistet ist.

In dem Bereich mit kleiner Brechzahl ist insbesondere Luft oder Vakuum vorgesehen. Alternativ kann jedes andere Material verwendet werden, welches eine geeignete Brechzahl aufweist.

Der Bereich mit der kleineren Brechzahl kann auf vielfältige Art geschaffen werden. Beispielsweise ist es möglich, um einen LED-Chip beim Gießen eine lokal höhere Oberflächenspannung vorzusehen, so daß beim Vergußvorgang im

Chipbereich eine Blase, beispielsweise mit Luft gefüllt, entsteht.

Alternativ kann in dem Bereich des LED-Chips, in dem eine kleinere Brechzahl vorgesehen ist, ein Platzhaltermedium oder -material angeordnet werden, so daß die Vergußmasse beim Vergußvorgang in diesen Bereich nicht eindringt. Nach der Aushärtung der Vergußmasse kann das Platzhaltermaterial oder das Platzhaltermedium wieder entfernt werden. Dies ist beispielsweise möglich, indem durch die Vergußmasse hindurch eine Öffnung bis zu dem Bereich mit der kleineren Brechzahl gebildet und das Platzhaltermedium dann ausgesaugt, ausgespült, ausgeätzt etc. wird. Auch ist es möglich, ähnlich einem "Rapid-Prototyping"-Verfahren, Material strukturiert aufzutragen.

Alternativ kann auch zunächst ein Material mit kleinerer Brennzahl um einen LED-Chip angeordnet werden, um im nächsten Schritt die das Gehäuse bildende Vergußmasse aufzutragen. Auch damit wird ein Übergang von einem kleineren Brechindex zu einem größeren Brechindex geschaffen, so daß im wesentlichen eine lichtsammelnde optische Vorrichtung gebildet wird.

Wird der oben genannte Bereich mit Luft gefüllt, so ist eine gleichzeitige oder nachträgliche Bildung einer Verbindung zwischen diesem Bereich und der Außenumgebung von Vorteil, da dadurch der LED-Chip gekühlt werden kann. Da beispielsweise ein Faserkern eines Lichtwellenleiters aus PMMA nur etwa 85°C standhält, sollte die Leuchtdiode nicht viel wärmer werden.

Ein einfaches Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Leuchtdiode und

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines vergrößerten Ausschnitts aus **Fig. 1**.

In **Fig. 1** ist ein LED-Chip **10** vorgesehen, der aus einem Halbleitersubstrat mit PN-Übergang besteht, wobei im Übergangsbereich bei Anlegen einer Spannung Licht emittiert wird. Auf dem LED-Chip **10** ist ein Bond-Pad **19** angeordnet, an dem ein Bonddraht **18** befestigt ist, der andererseits zu einem Lead-Frame **16** geführt ist, wo er ebenfalls auf einem Bond-Pad **19** befestigt ist. Der LED-Chip **10** ist ferner auf einem Substrat **14** angeordnet.

Die gesamte Anordnung ist mit einem lichtdurchlässigen Material mit einem bestimmten Brechindex n_G umgossen (Vergußmasse **13**), die das Gehäuse der Leuchtdiode bildet. Die von dem Lead-Frame austretenden Anschluß-Pins sind vorliegend nicht dargestellt.

Zwischen dem LED-Chip **10** und der Vergußmasse **13** ist ein etwa halbkugelförmiger Bereich **12** freigehalten, in dem sich Luft befindet. Dieser Bereich kann in einer Form ausgestaltet sein, der die gewünschte Bündelungs- oder Streuwirkung erzielt. Insbesondere ist die Grenzfläche zu der Vergußmasse **13** so ausgestaltet, daß -wie nachfolgend noch zu erläutern ist- eine strahlungsbündelnde Wirkung erzielt wird.

Als Medium in dem Bereich **12** kann jegliches Material verwendet werden, welches eine kleinere Brechzahl n_L aufweist als die Vergußmasse **13**. Alternativ kann natürlich auch Vakuum in dem Bereich **12** verwendet werden.

Die Wirkung der in dem Bereich **12** gebildeten Blase ist in **Fig. 2** dargestellt. Demgemäß treten aus einem Bereich des LED-Chips **10** divergierende Strahlen aus, die jeweils in einem Winkel α_1 , α_2 und α_3 gegenüber der Mittelsenkrechten zur Oberfläche der Vergußmasse **13** auftreffen. Durch das Brechzahlverhältnis $n_L : n_G$ erfolgt eine Brechung zur Mittelsenkrechten hin, so daß alle Winkel β_1 , β_2 , β_3 jeweils kleiner als die zugehörigen Einfallswinkel α_1 bis α_3

sind. Insgesamt wird das von dem LED-Chip 10 ausgehende Strahlenbündel somit gebündelt, so daß der Austrittskegel schmäler wird.

Diese Art der Leuchtdiode eignet sich überall dort, wo eine besondere Bündelung notwendig ist. Beispielsweise können sie zur besseren Einkoppelung in Lichtwellenleiter eingesetzt werden.

Patentansprüche

10

1. Leuchtdiode mit einem LED-Chip, der in einem Gehäuse eingegossen ist, und mit einer Linse zur Bündelung der aus dem LED-Chip austretenden Strahlen, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem LED-Chip (10) und einer das Gehäuse bildenden Vergußmasse (13) ein Bereich (12) mit einer Brechzahl (n_L) vorgesehen ist, die kleiner als die Brechzahl (n_G) der Vergußmasse (13) ist.

2. Leuchtdiode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Übergangsfläche zwischen dem Bereich (12) und der Vergußmasse (13) konvex ausgebildet ist.

3. Leuchtdiode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Bereich (12) Luft oder Vakuum vorgesehen ist.

4. Leuchtdiode nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Füllung des Bereichs (12) mit Luft der Bereich (12) mit der Umgebungsluft verbunden ist.

5. Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß um einen LED-Chip (10) eine lokal höhere Oberflächenspannung beim Gießen des Gehäuses mit der Vergußmasse (13) geschaffen wird.

6. Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

daß um einen LED-Chip (10) in dem Bereich (12) zunächst ein Platzhalter-Medium angeordnet wird, daß der LED-Chip (10) samt dem Platzhalter-Medium mit der Vergußmasse (13) umgossen wird und daß das Platzhalter-Medium wieder entfernt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß während der Herstellung der Leuchtdiode oder nachträglich eine Verbindung geschaffen wird, die den Bereich (12) mit der Außenumgebung verbindet.

8. Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,

daß um einen LED-Chip (10) in dem Bereich (12) ein Medium mit einer kleineren Brechzahl (n_L) als die Brechzahl (n_G) der Vergußmasse (13) angeordnet wird und daß der LED-Chip (10) samt dem Medium mit der Vergußmasse (13) umgossen wird.

55

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

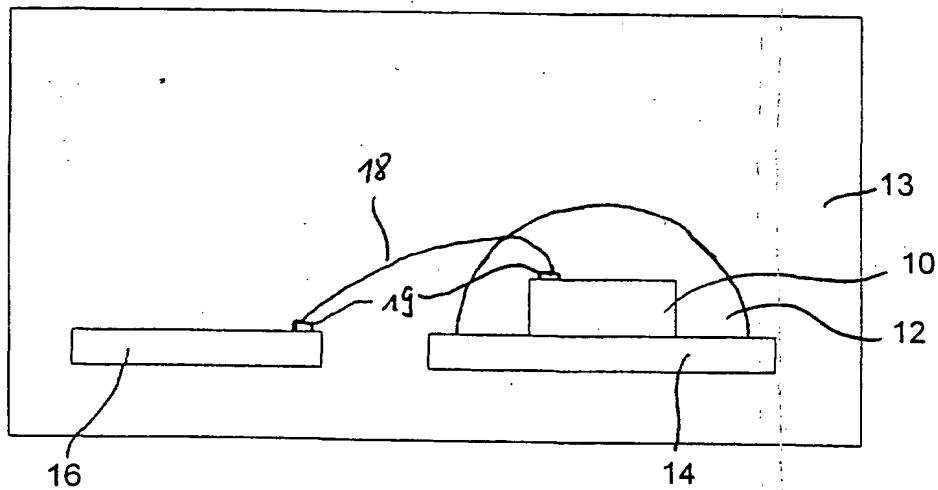


Fig. 1

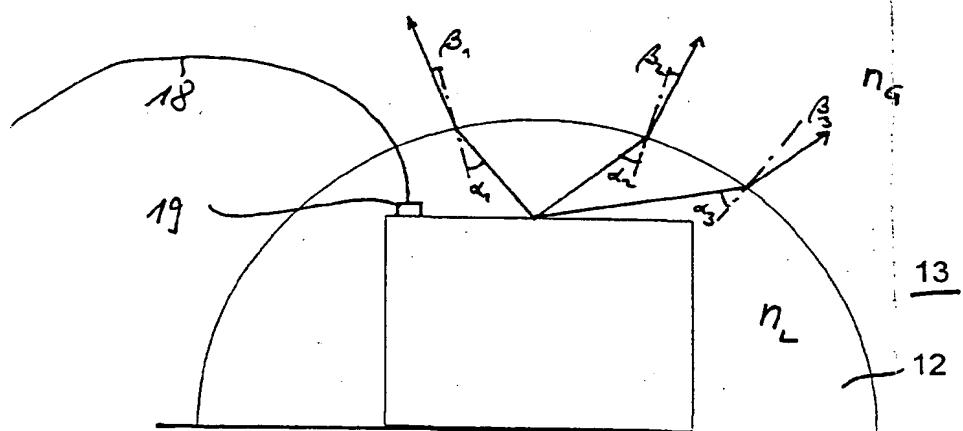


Fig. 2

¹⁹FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

⁵¹ Int. Cl. 7:
H 01 L 33/00

¹² Published Patent Application
¹⁰ DE 199 51 656 A1

²¹Application Number: 199 51 656 A1

²²Application Date: Oct. 27, 1999

⁴³Date laid open: August 31, 2000

Application laid open for inspection with consent of the applicant, according to §31,
section 2 number 1 [of the] Patent Act

<p>⁷¹ Applicant: Bayerische Motoren Werke AG, 80809 Munich, DE</p>	<p>⁷² Inventor: Popp, Gregor, 80797 Munich, DE</p>
	<p>⁵⁶ Citations: DE 195 35 777 A1 US 38 60 847 US 35 08 100 EP 02 90 697 A2 Patents Abstracts of Japan: JP 1-82681 A, E-787, 1989, Vol. 13/no. 307; Patents Abstracts of Japan: JP 1-239976 A, E-863, 1989, Vol. 13/no. 574; Patents Abstracts of Japan: JP 4-25081 A, E-1198, 1992, Vol. 13/no. 188; Patents Abstracts of Japan: JP 07 273372 A, 1995, JPO;</p>

The following statements were taken from the documents submitted by the applicant

Petition for examination requested according to § 44 of the Patent Act

⁵⁴ Light-Emitting Diode and Processes for their Production

⁵⁷ The invention concerns a light-emitting diode and a process for its production. The light-emitting diode has an LED chip which is cast into a housing and a lens for the bundling of the rays which emerge from the LED chip. To bundle the rays emerging from the LED chip, an area is provided between the LED chip and a casting compound forming the housing, having a refractive index (n_L) which is smaller than the refractive index (n_G) of the casting compound.

Description

The invention concerns a light-emitting diode according to the preamble of claim 1. The invention further concerns a process for their production.

Light-emitting diodes conventionally consist of a semiconductor chip enclosed by a casting compound. The semiconductor chip has a pn or np junction, and an emission of light is created in the transition region when applying a voltage.

For some applications, for example, the introduction of light into a light wave guide¹ it is necessary to bundle the radiation emitted by the light-emitting diode. For that it is known to arrange a separate lens into the optical path following the light-emitting diode.

It is furthermore known to produce a housing shape, for example, through injection molding, the outer surface of which approximates the shape of a lens. However, the application of such injection molding processes is not always possible because the bond wires which supply the semiconductor substrate with current may snap during the injection molding process. But such lens shapes may not be formed easily by a simple casting. With the lenses formed by the light-emitting diode housings there is furthermore the problem that they lie relatively distant from the emitting surface, so that a large portion of the emitted light does not lie in the focal point of the lens. Through that one may not achieve the desired focusing.

With respect to the extended field of the invention, reference is made to DE 43 42 840 A, US 5,229,835, EP 0 392 741 A1 and US 4,4,797,179.

It is the object of the present invention to develop a light-emitting diode such that a good bundling of the radiation emitted by an LED chip is achieved in a simple and cost-effective way.

The means for attaining this object are in the characteristics named in claim 1 as far as the device is concerned and in the characteristics named in the claims 5, 6 and 8 where the process is concerned.

A central idea of the present invention consists in that an area is provided between the LED chip and a casting compound forming the housing in which the refractive index is smaller than the refractive index of the casting compound. When passing through the

¹ or *optical fiber, fiber optic cable*

interface between the area with a small refractive index and the casting compound a deviation occurs towards the perpendicular bisector of each surface. With a suitable design of the interface, in particular a convex interface, a bundling of the rays emitted by the LED chip takes place altogether. The bundling of the rays is thereby dependent not only on the design of the interface, but also on the ratio between the refractive indices n_1 and n_2 . If a certain bundling is to be achieved for an application, then for the existence of certain refractive indices one must select a surface design to be determined each time. Since the optical element formed in the area mentioned lies against the emitting surface of the LED chip, the predominant part of the emitted light comes from the focal point of the lens, so that a good focusing is ensured.

Especially air or vacuum are present in the area with a small refractive index. Any other material which has a suitable refractive index may be used as an alternative.

The area with the small refractive index may be shaped in varied ways. It is, for example, possible to provide during casting a locally higher surface tension around an LED chip, so that a bubble filled, for example, with air, forms in the chip area during the casting process.

As an alternative one may arrange a placeholder medium or material in the area of the LED chip where a smaller refractive index is intended, so that the casting compound does not enter this area during the casting process. The placeholder material or the placeholder medium can be removed again following the curing of the casting compound. This is possible, for example, in that an opening is formed through the casting compound down to the area with the smaller refractive index and the placeholder medium is then suctioned out, rinsed out, etched out, etc. It is also possible to apply material [in a] structured [way], similarly to a "rapid-prototyping" process. As an alternative one can also arrange at first a material with a smaller refractive index around an LED chip, so as to apply in the next step the casting compound forming the housing. With this, too, one creates a transition from a smaller refractive index to a larger refractive index, so that a light-collecting optical device is essentially formed.

If the above mentioned area is filled with air, then a simultaneous or later formation of a connection between this area and the external environment is of advantage, as the

LED chip can be cooled by it. Since the fiber core of a light wave guide, for example, of PMMA withstands only 85°C, the light-emitting diode should not become much warmer.

A simple example of embodiment of a device according to the invention is explained more closely with reference to the attached drawings.

The drawings show in

Fig. 1 a schematic representation of a light-emitting diode according to the invention, and

Fig. 2 a schematic representation of a magnified section from **Fig. 1**.

An LED chip **10** is provided in **Fig. 1**, which consists of a pn junction, where light is emitted in the junction area when applying a voltage. Arranged on the LED chip **10** there is a bond pad **19**, fastened to which there is a bond wire **18**, which on the other hand is lead to a lead frame **16**, where it is again fastened to a bond pad **19**. The LED chip **10** is furthermore arranged on a substrate **14**.

The overall arrangement is integrally cast into a transparent material with a certain refractive index n_G (casting compound **13**) which forms the housing of the light-emitting diode. The connection pins projecting from the lead frame are not represented here.

Kept free between the LED chip **10** and the casting compound **13** there is an approximately semispherical area **12** in which there is air. This area can be fashioned in a form that achieves the desired bundling or scattering effect. The interface with the casting compound in particular is designed so that a ray-bundling effect is achieved, as is still to be explained in the following.

As material in the area **12** one may use any material which has a refractive index n_L smaller than the casting compound. As an alternative one may naturally use also vacuum in the area **12**.

The effect of the bubble formed in the area **12** is represented in **Fig. 2**. Diverging rays consequently emerge from an area of the LED chip **10**, which are each incident at an angle α_1 , α_2 and α_3 with respect to the bisector perpendicular to the surface of the casting compound **13**. A refraction towards the perpendicular bisector occurs due to the refractive index ratio $n_L:n_G$, so that all angles β_1 , β_2 , β_3 are each smaller than the corresponding incident angle α_1 to α_3 . The bundle of rays emerging from the LED chip **10** is thus bundled, so that the output cone becomes narrower.

This type of light-emitting diode is suitable everywhere where a special bundling is necessary. They may be used, for example, for a better coupling into optical wave guides.

Patent Claims

1. Light-emitting diode with an LED chip, which is integrally cast into a housing, and with a lens for the bundling of the rays emitted from the LED chip, characterized in that an area (12) is provided between the LED chip (10) and a casting compound (13) forming the housing, having a refractive index (n_L) which is smaller than the refractive index (n_G) of the casting compound.
2. Light-emitting diode according to claim 1, characterized in that the transition surface between the area (12) and the casting compound (13) is convex shaped.
3. Light-emitting diode according to claim 1 or 2, characterized in that air or vacuum is provided in the area (12).
4. Light-emitting diode according to claim 3, characterized in that in case of a filling of the area (12) with air, the area (12) is connected with the ambient air.
5. Process for the production of a light-emitting diode according to one of the claims 1 through 4, characterized in that a locally higher surface tension is created with the casting compound (13) around an LED chip (10) during the casting of the housing.
6. Process for the production of a light-emitting diode according to one of the claims 1 through 4,
characterized in
that at first a placeholder medium is arranged in the area (12) around an LED chip (10),
that the LED chip (10) together with the placeholder medium is integrally cast into a casting compound (13), and
that the placeholder medium is removed again.
7. Process according to claim 5 or 6, characterized in that, during the production of the light-emitting diode or afterwards, a connection is created which connects the area (12) with the external environment.
8. Process for the production of a light-emitting diode according to one of the claims 1 through 5,
characterized in

that a medium with a refractive index (n_L) smaller than the refractive index (n_G) of the casting compound (13) is arranged in an area (12) around an LED chip (10) and

that the LED chip (10) together with the medium are integrally cast into the casting compound (13).

Hereto 1 page(s) of drawings
